Nicht für den Austausch

Untersuchungen über die Möglichkeit der Beurteilung der Größe des Pulpenkavums nach dem Röntgenbild.

Dr. Gustav Frenzel

Aus der prothetischen Abteilung (Leiter: Professor Dr. Greve)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Breslau
(Direktor: Professor Dr. Euler).

Untersuchungen über die Möglichkeit der Beurteilung der Größe des Pulpenkavums nach dem Röntgenbild.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde

bei der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Schlesischen Friedrich-Wilhelm-Universität zu Breslau

vorgelegt von

Gustav Frenzel
Zahnarzt

Breslau 1940

Sonderdruck der DZW., 43. Jahrgang 1940, Nr. 19

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau

1. Referent: Prof. Dr. Greve
2. Referent: Prof. Dr. Euler
Dekan: Prof. Dr. Gottron.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Druck von Kastner & Callwey, München

Die Herstellung von Kronenarbeiten an vitalen Stümpfen zur Kariesprophylaxe, zur Wiederherstellung eines einwandfreien Aussehens an hypoplastischen Zähnen oder an durch Karies und Fraktur defekten Kronen im Frontzahnbereich, ferner als Brückenanker zur Wiederherstellung der Funktion eines Lückengebisses, bereiten uns stets erhebliche Schwierigkeiten, wenn sie in kosmetischer, mechanischer und chemischer Hinsicht allen Anforderungen genügen und die Pulpa vor Schaden bewahren sollen. Da wir heute noch nicht über Werkstoffe verfügen, die alle diese Forderungen gleichzeitig auch nur annähernd erfüllen, so sind auch unsere Methoden des Kronenersatzes nur Kompromißlösungen. In den Fällen, in denen bei der Wahl des Ersatzes der Pulpaschutz und die mechanische Festigkeit im Vordergrund stehen, sind wir gezwungen, auf die Kosmetik ganz zu verzichten. Gibt diese bei der Anwendung des Ersatzes den Ausschlag, so geschieht das auf Kosten der Festigkeit, und vor allem setzen wir die Pulpa der Gefahr des Absterbens oder der Infektion aus, durch deren Folgezustände der gesamte Organismus in hohem Maße gefährdet werden kann. Bei allen Kronenarbeiten sind wir gezwungen, einen erheblichen Teil von Zahnsubstanz zu opfern, der bei der Präparation von Bandkronen noch verhältnismäßig gering ist, aber bei den Stufenkronen aus Metall und Porzellan in steigendem Maße zunimmt. Auch bei der Präparation der Halb- und Dreiviertelkronen sind wir meistens gezwungen, sehr viel mehr Hartsubstanz zu opfern als in der Literatur angegeben wird, wenn wir Mißerfolge vermeiden wollen.

Da die porzellanähnlichen Massen unseren Anforderungen, die wir heute an die Kosmetik stellen müssen, voll entsprechen, findet der Kronenersatz aus diesem Werkstoff immer weitere Verbreitung im Frontzahnbereich. Um uns bei unseren Arbeiten vor Mißerfolgen zu bewahren und der vitalen Pulpa und darüber hinaus dem gesamten Organismus unseren Schutz angedeihen zu lassen, soll im folgenden untersucht werden, ob es mit Hilfe des Röntgenbildes möglich ist, die Indikationen zu den verschiedenen Methoden des Kronenersatzes genauer zu stellen oder die Frage zu entscheiden, ob wir vor Beginn der Präparation die Pulpa vital erhalten oder nicht.

Dazu benötigen wir ein klares, scharfes, unverprojiziertes Röntgenbild, auf dem alle Besonderheiten im Bau des Zahnes und der Pulpa genau wiedergegeben werden, damit wir am Röntgenbild Messungen der Hartsubstanzstärken und der Größe der Pulpa ausführen können.

Die Versuche sind so durchgeführt worden, daß die am Patienten geröntgten Zähne in verschiedenen Ebenen geschliffen und vergleichende Messungen am Röntgenbild (Negativ) und am Zahnschliff vorgenommen worden sind.

Zunächst galt es noch folgende Fragen durch einige Versuche zu klären, die für die Qualität des Röntgenbildes von großer Bedeutung sind, und dann erst ist mit der eigentlichen Versuchsreihe begonnen worden.

1. Welchen Einfluß übt die Strahlenhärte auf die Bildqualität aus?
2. Welcher Fokus-Filmabstand ist für diese Aufnahmen am geeignetsten?
3. Welches Filmmaterial ist vorzuziehen?
4. Wie groß ist der Einfluß der Sekundärstrahlung?
5. Welche Art der Projektion ist zu wählen?

Bei der Anfertigung von Röntgenaufnahmen ist der Härtegrad der verwendeten Strahlen von großem Einfluß auf die Bildschärfe oder die Stärke der sich in den dünnen Randzonen des Objektes bemerkbar machenden Ueberstrahlung, d. h. Ueberbelichtung durch harte Röntgenstrahlen, die ohne eine Absorbierung zu erleiden, glatt durch dünne Schichten des Objektes hindurchlaufen. Um zu prüfen, ob die heute gebräuchlichen Dentalröntgengeräte, die leider keine Wahl der Spannung mehr zulassen, mit einem gerade für diese Messungen günstigen Härtegrad arbeiten, oder ob dieser höher oder tiefer liegen muß, habe ich zunächst Aufnahmen mit einem Fokus-Filmabstand von 50 cm mit dem Röntgenapparat Siemens-Reiniger „Heliodor" gemacht, der noch drei Schaltstufen besitzt, um die Strahlenhärte variieren zu können. Die erste Stufe arbeitet mit 36000 Volt, die zweite mit 50000 Volt, die dritte mit 68000 Volt. Als Objekt habe ich einen unteren Schneidezahn benutzt. Bei der Ansicht der Aufnahmen mit dem unbewaffneten Auge ist kaum ein Unterschied in der Bildqualität festzustellen, lediglich bei dem mit 68000 Volt gemachten Röntgenbild scheint es, als ob das Pulpendivertikel an seinem Ende nicht ganz wiedergegeben wäre. Die Vergrößerung mit der Lupe ergibt für die mit der Spannung von 36000 Volt gemachte Aufnahme eine gute Bildschärfe und Kontrast, während die mit 50000 Volt angefertigte Aufnahme nicht so scharf ist, welches sich auch be-

sonders an dem bereits erwähnten Divertikel bemerkbar macht, dessen Spitze schon verschwommen erscheint. Bei der mit 68000 Volt gemachten Aufnahme ist vom Divertikel überhaupt nichts mehr zu sehen, sondern das Pulpenkavum erscheint an seiner größten Ausdehnung verschwommen.

Die heute bei intraoralen Aufnahmen gebräuchlichen Fokus-Filmabstände, die gewöhnlich bei 15—20 cm Entfernung liegen und durch den auf die Röntgenröhre aufgesetzten Tubus gegeben sind, bedingen eine erhebliche Vergrößerung des Bildes, Verzerrung der Randzonen und Unschärfe, da wir praktisch nie mit einem punktförmigen, sondern stets mit einem flächenhaften Brennfleck arbeiten. Von Reckow hat wiederholt auf die Vergrößerung der Abstände bei intraoralen Röntgenaufnahmen hingewiesen. Nach seinen Angaben ist es erforderlich, die Aufnahmen mit einem Fokus-Filmabstand von mindestens 30—35 cm zu machen, wodurch nur der zentrale Teil des Strahlenbündels, in dem die Röntgenstrahlen annähernd parallel verlaufen, zur Herstellung des Bildes Verwendung findet. Simpson gibt an, daß die Bildschärfe bei Abständen bis zu 20 Zoll in steigendem Maße zunimmt. Auch andere Autoren berichten, daß die Feinheit der Struktur auf dem Röntgenbild mit steigendem Fokus-Abstand zunimmt.

Um den für die Untersuchungen geeignetsten Abstand zu finden, bei dem einerseits die Vergrößerung des Bildes ganz

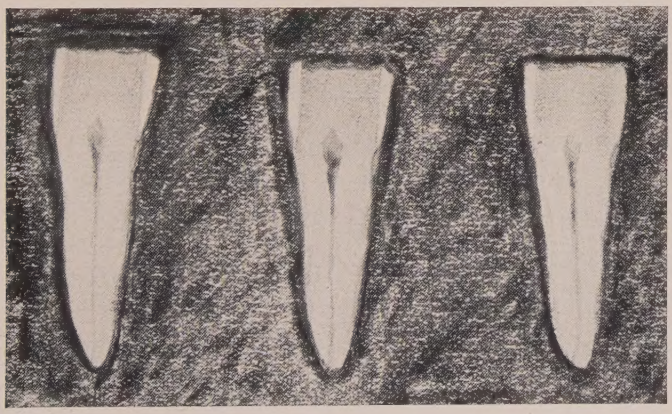
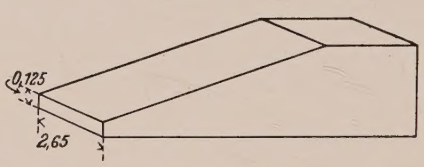


Abb. 1.

gering ist, andererseits aber die Belichtungszeit nicht zu lange ausgedehnt wird, um verwackelte Bilder zu vermeiden und

den Patienten nicht unnütz lange der Strahlung auszusetzen, habe ich Aufnahmen mit verschiedenen Fokus-Objekt-Filmabständen angefertigt. Als Objekte dienten mir zwei rechteckig zugeschliffene Dentinstücke, weil die scharfen Kanten ein genaueres Ausmessen gestatteten. Nach einer Seite waren diese Objekte schräg abgeschliffen bis zu einer Stärke von 0,225 mm und 0,125 mm, weil gleichzeitig festgestellt werden sollte, ob bei der Strahlenhärte von 36000 V auch noch Ueberstrahlungserscheinungen auftreten. Die Ergebnisse der Versuche mit den Maßen der verwendeten Objekte, Fokus-Objekt und Fokus-Filmabstand, die errechneten Längenmaße mit der durch die Streuung der Strahlen bedingten Vergrößerung, die gemessenen Längen, Differenz zwischen errechneter und gemessener Strecke, Filmart, Belichtungsdauer und Bildqualität sind aus nachstehender Tabelle ersichtlich.



Fokus-Objekt Fokus-Filmabstd.	Film-Art	am Objekt gemessene Strecke 1.	errechnete Länge 2.	gemessene Länge 3.	Differenzen zwischen 2 u. 3	Anmerkung
43/45	Agfa-Normal	2,65	2,773	2.825	+0,052	Geringe Unschärfe Winkel leicht abgerundet
44/45	Agfa-Normal	2,65	2.71	2.70	—0,01	Sehr gute Randschärfe Scharfe Winkel
28/30	Agfa-Normal	2.65	2,839	2.825	—0,014	Randschärfe gering Winkel stark abgerundet
29/30	Agfa-Normal	2,65	2.74	2.75	+0,01	Randschärfe gut Winkel scharf
18/20	Agfa-Normäl	2,65	2.944	3.65	+0,106	Ganz unscharf
19/20	Agfa-Normal	2,65	2,789	2.80	+0,011	Unscharf

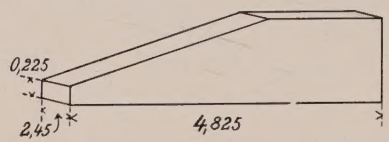
Die dem Gegenstand zugrunde liegenden Maße entsprechen ungefähr dem Durchschnitt der Hartsubstanzstärken in mesiodistaler Richtung bei oberen, mittleren Schneidezähnen. Im allgemeinen wird man bei intraoralen Aufnahmen kaum mehr als 1 cm Objekt-Filmabstand haben. Wenn ich hier trotz-

dem Versuche mit einem Objekt-Filmabstand von 2 cm gemacht habe, so geschah dies, um bei den verschiedenen Fokus-Filmabständen die jeweils auftretende Vergrößerung deutlicher erscheinen zu lassen, ferner auf die Notwendigkeit hinzuweisen, den Objekt-Filmabstand so gering wie nur irgend möglich zu halten. Bei den Fokus-Filmabständen von 20 cm besteht neben der starken Vergrößerung von 0,14 und 0,29 mm eine stärkere Bildunschärfe. Bei 30 cm Fokus-Filmabstand ist die Bildschärfe schon gut zu nennen, bei 1 cm Objekt-Filmabstand beträgt die errechnete Vergrößerung aber immer noch rund 0,1 mm, bei 2 cm dagegen 0,16 mm, auch die Bildschärfe läßt wieder bedeutend nach. Mit dem Fokus-Filmabstand von 45 cm beträgt die Vergrößerung bei 1 cm Objekt-Filmabstand 0,06 mm, und bei 2 cm 0,123 mm. Die Bildschärfe ist bei 2 cm Objekt-Filmabstand gut, bei 1 cm sehr gut zu nennen. Wenn bei diesen Untersuchungen Abweichungen von der Gegenstandsgröße bis zu 0,1 mm noch als genau zu bezeichnen sind, und wenn wir berücksichtigen, daß auch größere Hartsubstanzstärken z. B. Pulpadach-Schneidekante gemessen werden müssen, bei denen die Vergrößerung noch zunimmt, so ist der Fokus-Filmabstand mit mindestens 45 cm zu wählen, um die Vergrößerung so gering wie möglich zu halten, da das Messen selbst noch geringe Fehler in sich schließt, die negativ und positiv sein können, worüber man aber, wenn der Schliff nicht mehr als Kontrolle zur Verfügung steht, keine Anhaltspunkte hat. Für alle weiteren Aufnahmen habe ich den Fokus-Filmabstand auf 45 cm festgelegt, um eine möglichst große Genauigkeit bei den Messungen zu erzielen.

Den Vorteil großer Exaktheit muß man sich durch den Nachteil der längeren Exposition erkaufen, was bei der Verwendung der Normal-Zahnfilme nicht sehr erheblich ist. Bei der Exposition der Filme habe ich mich stets unter der sonst als normal angegebenen Expositionszeit gehalten und habe Wert auf gute Ausentwicklung der Filme gelegt. Dadurch sind auch die von Parma beschriebenen Ueberstrahlungsdeffekte bis zu einem gewissen Grade ausgeschaltet worden, die gelegentlich beim Röntgen freiliegender Zahnhälse auftreten. Statt der mindestens zweifachen Belichtungsdauer bei 45 cm Fokus-Filmabstand zu dem üblichen von 20 cm habe ich die eineinhalbfache Belichtungsdauer gewählt. Sie beträgt für den Agfa-Normalfilm und bei Verwendung des „Heliodor" 4,5 Sek. für obere Schneidezähne. Die Ueberstrahlungserscheinungen finden an anderer Stelle noch Erwähnung.

Obige Aufnahmen sind mit dem Agfa-Normalfilm ange-

fertigt worden. Ferner habe ich untersucht, ob es mit dem Feinkornfilm möglich sei, noch größere Genauigkeit zu erzielen. Die Versuche, deren Ergebnisse in Tabelle 2 niedergelegt worden sind, haben ergeben, daß das Bild klarer er-



Fokus-Objekt Fokus-Filmabstd.	Film-Art	am Objekt gemessene Strecke 1.	errechnete Länge 2.	gemessene Länge 3.	Differenzen zwischen 2 und 3	Anmerkung
43/45	Agfa-Normal	2,45 4,825	2,564 5,049	2,45 5,05	—0,114 +0,001	Randschärfe gut
43/45	Agfa-Dentox	2,45 4,825	2,564 5,049	2,46 5,055	—0,104 +0,006	Randschärfe sehr gut
44/45	Agfa-Normal	2,45 4,825	2,506 4,934	2,50 4,985	—0,006 +0,051	Randschärfe sehr gut
44/45	Agfa-Dentox	2,45 4,825	2,506 4,934	2,50 5,0	—0,006 +0,066	Randschärfe sehr gut

scheint, aber beim Messen hat sich kein wesentlicher Unterschied herausgestellt. Da die Feinkornfilme — bei den Versuchen sind die Agfa-Dentox-Filme verwendet worden — eine wesentlich höhere Expositionszeit erfordern, die das Drei- bis Vierfache von der des Normalfilms beträgt, ist für die Messungen der Agfa-Normalfilm verwendet worden, da bei der langen Belichtungsdauer die Möglichkeit der Bildunschärfe durch Verwackeln oder Verschieben des Films durch den Patienten zu leicht gegeben ist. Durch die lange Belichtungsdauer würde der Patient auch unnötig lange der Strahlung ausgesetzt werden.

Ueber die Sekundärstrahlung ist kurz folgendes zu sagen. In den modernen Röntgenapparaten sind in dem der Röhre aufgesetzten Tubus Aluminiumfilter eingebaut, die sämtliche an der Glaswand der Röhre entstehenden Strahlen absorbieren. Die auf dem Objekt entstehende sekundäre Strahlung wird beim Durchtritt durch die den Film einhüllende Aluminiumfolie absorbiert, so daß diese auch nicht die Schärfe des Bildes beeinflussen kann.

Die eigentlichen Versuche habe ich in folgender Weise durchgeführt:

Zunächst habe ich mich entschlossen, intakte extrahierte Zähne in Wachs so aufzustellen, wie es den natürlichen Verhältnissen im Kiefer entspricht, um Erfahrungen in der technischen Durchführung derartiger Versuche zu sammeln. Ferner habe ich diesen Weg gewählt in der Voraussicht, daß es kaum möglich sein würde, für alle Zahngruppen ausreichendes Untersuchungsmaterial am Patienten zu erhalten.

a

b

Abb. 2.

An diesen Phantomen sind die ersten Röntgenaufnahmen gemacht worden, und ich habe mir durch die am Patienten folgenden Versuche die gewonnenen Ergebnisse bestätigen lassen. Am Patienten sind intakte Zähne, die infolge von Parodontitis marginalis progressiva, atrophia alveolaris senilis oder aus prothetischen oder orthodontischen Gründen extrahiert werden mußten, als Versuchsobjekt ausgewählt worden.

Wie oben erwähnt, habe ich die Aufnahmen mit einer Spannung von 36 KV und einem Fokus-Filmabstand von 45 cm Entfernung gemacht. Der Zentralstrahl ist auf den Limbus Alveolaris gerichtet worden, was sich mit Hilfe eines Zentrierstabes leicht ausführen ließ. Die limbale Zentrierung habe ich gewählt, weil ein sehr genaues Bild der Zahnkrone benötigt wird. Durch die übliche apikale Einstellung des Zentralstrahles wird das Cavum pulpae zu stark verprojiziert.

Wenn auch bei der limbalen Einstellung die Wurzel verprojiziert wird, so erhält man trotzdem noch ein ungefähres Bild von den apikalen Verhältnissen, um auf etwaige pathologische Erscheinungen im apikalen Parodontium aufmerksam

zu werden. Zur Erzielung einer möglichst genauen Wiedergabe der natürlichen Verhältnisse der Zahnkrone ist es erfor-

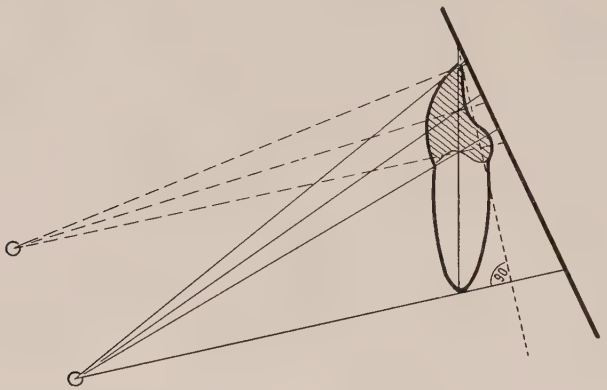


Abb. 3.

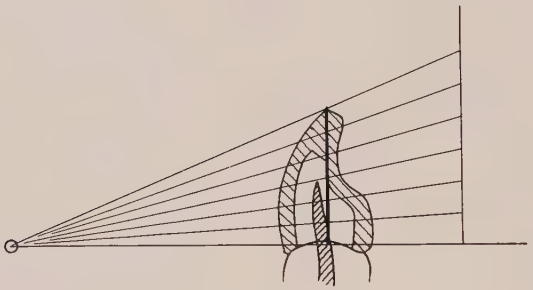


Abb. 4.

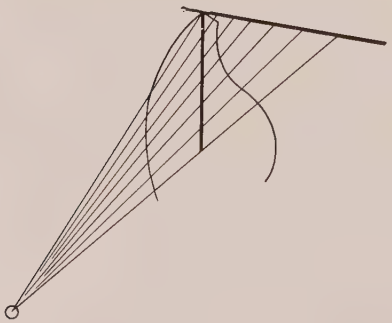


Abb. 5.

derlich, den Film parallel zur Zahnachse anzulegen bzw. den Winkel, den Film und Zahnachse bilden, so klein wie möglich zu halten.

Durch die Winkelmethode nach Cieszynski-Dieck wird zwar die Gesamtlänge der Krone richtig abgebildet, aber die einzelnen Teilabschnitte erscheinen nicht verhältnisgetreu, so daß diese Art der Darstellung für genaue Messungen, wie sie die vorliegenden Untersuchungen erfordern, nicht verwendet werden kann.

Bei den Aufnahmen am Phantom habe ich den Film stets sehr genau parallel zur Zahnachse anlegen und mittels Drahtklammern fixieren können. Am Patienten habe ich die gleiche Filmlage erreicht durch Anlegen einer Watterolle zwischen Krone und Film im Frontzahnbereich, wie es im Breslauer Zahnärztlichen Institut im Bereich der oberen Molaren üblich ist. Zur Fixierung des Films wurde kein besonderer Filmhalter verwendet, da man bei der Anwendung eines solchen die Lage des Films im Munde nicht kontrollieren kann. Ich habe den Film vom Patienten mittels des Zeigefingers der Hand der dem Objekt entgegengesetzten Körperseite festhalten lassen und dadurch die Parallelität des Films zur Zahnachse und zur mesio-distalen Ebene dauernd kontrollieren können. Die Belichtungsdauer ist, wie bereits erwähnt, so kurz zu bemessen, daß der Film gut ausentwickelt werden kann. Die Filme sind mit dem Agfa-Rapid-Röntgenentwickler entwickelt worden. Ich habe meine Filme stets 10—15 Minuten entwickelt und dadurch alle Feinheiten der Struktur gut darstellen können. Während des Entwicklungsvorganges habe ich Sorge getragen, daß das Entwicklergefäß gut abgedeckt war, um auch die Möglichkeit einer Verschleierung des Negativs durch zu lange Dunkelkammerbeleuchtung zu verhindern. Die Filme sind nach dem allgemein geübten Verfahren fixiert worden.

Nach der Röntgenaufnahme habe ich die extrahierten Zähne mazeriert, und nachdem sie von den Weichteilen befreit waren, kurze Zeit in einer 10% Formalinlösung fixiert. Mit einem grobkörnigen Stein sind die Zähne zunächst angeschliffen worden, entweder von lingual, wenn in der mesio-distalen Ebene gemessen werden sollte, bei oberen Schneidezähnen mit gut ausgeprägten Divertikeln auch von mesial und distal, wenn in axialer Richtung von der Pulpa zur Schneidekante gemessen werden sollte. Nach dem Erreichen der gewünschten Ebene wurde mit einem feinen Stein vorsichtig bis auf diese herabgeschliffen, d. h. bis die größte Ausdehnung des Pulpenkavums erreicht war. Mit einer feinen Sonde wurde die Kontrolle hierüber durchgeführt. Zum Messen der Distanzen am Schliff und am Röntgenbild stand mir ein Mikroskop mit einem Okular-Mikrometer zur Verfügung. Als Objektiv habe ich die Lupe gewählt. Nach der Eichung des Okular-Mikrometers mit Hilfe eines Objekt-Mikrometers wurden die Größen der Distanzen abgelesen und durch Multiplikation des gefundenen Längenwertes mit dem durch die Eichung gewonnenen Faktor (0,05) in Millimeter umgerechnet. Für den Praktiker wird dieses Meßverfahren zu kostspielig sein, denn in den meisten Praxen steht kein Mikroskop zur Verfügung. Ich habe noch versucht, ob es möglich sei, durch Messung des Röntgenbildes mit Hilfe eines Stechzirkels dieselbe Genauigkeit zu erzielen. Dabei wurde ein Apparat verwendet, bei dem das Röntgenbild von einer Lichtquelle durchleuchtet wird. Ueber dem Negativ ist eine Lupe so angebracht, daß man mit dem Stechzirkel auf ihm die zu messenden Strecken abtasten und diesen Vorgang durch die Lupe genau beobachten kann. Dann habe ich den so eingestellten Zirkel mit den beiden Tastenden auf den

Objektträger gelegt und die Entfernungen mit dem Okularmikrometer abgelesen. Durch Vergleiche der beiden Meßmethoden habe ich festgestellt, daß sich mit dem Stechzirkel die gleiche Genauigkeit erreichen läßt. Man kann, wenn der Zirkel mit einem Nonius versehen ist, daran leicht die Länge der gemessenen Strecken ablesen, ohne das Mikroskop mit einem Okularmikrometer gebrauchen zu müssen.

Nach Lösung aller technischer Fragen bin ich dazu übergegangen, vergleichende Messungen am Röntgenbild und am Zahnschliff durchzuführen. Zuerst habe ich die Messung am Röntgenbild vorgenommen, um unbeeinflußt zu sein. Ich habe dabei die Strecken gemessen, die später auch praktisch bei der Präparation von Kronen in Frage kommen. Uns interessiert vor allem die Stärke der Schmelz- und Dentinmassen, die die Pulpa einhüllen. Für diese Messungen habe ich nicht bestimmte Ebenen festgelegt, sondern bin von besonders markanten Punkten der Wände des Pulpenkavums ausgegangen, an denen z. B. ein adhärentes Dentikel oder in der Nähe des Zahnhalses eine Dentinleiste in das Kavum hineinragten oder von einem Divertikel, so daß es mir möglich gewesen ist, mit verhältnismäßig großer Genauigkeit am Röntgenbild und am Schliff die gleichen Strecken messen zu können. Geringe Fehlerquellen sind hier durch die Abrundung der äußeren Konturen möglich, halten sich jedoch in ganz engen Grenzen. Ich habe die Schliffe in die mesio-distale Ebene gelegt, in der auch das Röntgenbild liegt und in die labio-linguale Ebene. In der ersteren habe ich einwandfrei die Ausdehnungen nach mesial und distal messen können, in letzterer die in axialer Richtung. Am Schliff in der mesio-distalen Ebene ist es nicht möglich, die Distanzen in axialer Richtung zu messen, da in der Regel, außer bei stark abgekauten Zähnen, die Verlängerung der Achse der Pulpa nicht durch die Schneidekante verläuft, und infolgedessen der Zahn über seinen größten Umfang hinaus abgeschliffen werden muß, um die Pulpa in ihrer größten Ausdehnung freizulegen. Um eine bessere Uebersicht über die Ergebnisse der Versuche zu erhalten, habe ich mir Tabellen angelegt, in denen neben den gefundenen Maßen der Zähne auch Bemerkungen über ihre Form und Struktur gemacht wurden, die zu einer genaueren Diagnose der Röntgenbilder beitragen konnten. Die Berechnungen über die durch die Divergenz der Röntgenstrahlen eintretende Vergrößerung des Bildes gegenüber dem Schliff wurden in einer gesonderten Spalte eingetragen, um Vergleiche über die Richtigkeit der Messungen zu ermöglichen. Ferner habe ich mir Anmerkungen über die Art der Abbildung der Pulpa gemacht, über die Sichtbarkeit des Reizdentins usw.

Zunächst wurden Röntgenaufnahmen der Frontzähne und später der Prämolaren und Molaren gemacht. Bevor die rein zahlenmäßige Auswertung der Versuche vorgenommen wird, möchte ich auf die wichtigsten anatomischen Merkmale der Zahnkronen und auf die Topographie des Pulpenkavums, die für die Diagnose des Röntgenbildes von Bedeutung sind, ferner auf die häufigsten diagnostischen Fehler an Hand der bei den Versuchen gemachten Erfahrungen, eingehen.

Oberer mittlerer Schneidezahn.

Die Form der Krone ist schaufelähnlich. Die labiale Fläche ist nur leicht gewölbt und weist zwei flache Rillen auf, die von geringen Einkerbungen der Schneidekante ausgehend nach dem Zahnhals hin flach auslaufen und für das Röntgen-

bild unbedeutend sind. Die Gestalt der palatinalen Fläche ist dagegen von größerer Bedeutung. Der koronale konkave Teil wird durch zwei mehr oder weniger entwickelte Randleisten eingefaßt, die mesial und distal an der Schneidekante beginnend, nach dem Zahnhals zusammenlaufen und hier das Tuberculum dentale bilden. An der Stelle der Vereinigung der beiden Randleisten befindet sich oft eine tiefe Fissur, oder ein Foramen coecum. Vom Tuberkulum ausgehend verlaufen eine oder auch zwei Mittelleisten nach koronal, die verschieden stark entwickelt sind und kurz vor Erreichen der Schneidekante flach verlaufen. Auf dem Röntgenbild werden die Gebilde der palatinalen Fläche gemäß ihrer Entwicklung sichtbar sein.

Die topographischen Verhältnisse der Pulpa werden am klarsten, wenn wir uns diese am Schliff in der mesio-distalen und in der labio-lingualen Ebene betrachten. In der ersten Schliffebene besitzt die Pulpa fast dieselbe Form wie der Zahn. in der Wurzel zeigt sie einen gleichen Verlauf mit den äußeren Konturen, erfährt in der Nähe der Schmelz-Dentingrenze bei ihrem Eintritt in die Krone durch vorspringende Dentinleisten eine Einschnürung, paßt sich dann ungefähr der äußeren Kronenform an, bis sie etwa in halber Kronenhöhe in drei mehr oder weniger gut entwickelte Dentikel ausläuft, von denen das mittlere meist nur angedeutet ist. In der labiolingualen Schliffebene verläuft die Pulpa gradlinig, spindelförmig vom Apex schneidenwärts. In der Wurzel verläuft sie genau axial und symmetrisch, erhält ihre größte Ausdehnung nahe der Schmelzdentingrenze und verjüngt sich schneidenwärts wieder. Die Biegung der Krone nach palatinal macht die Pulpa nicht mit. Die verlängerte Achse der Pulpa verläuft durch die labiale Kronenfläche. Bei abgekauten Zähnen endet die Pulpahöhle in der Krone nicht spitz, sondern stumpf durch die Anlagerung von Sekundärdentin. Bei diesen Zähnen schneidet die verlängerte Achse der Pulpa die Schneidekante.

Aus der Gestalt der Krone ergeben sich folgende Möglichkeiten für die Darstellung von Zahn und Pulpa auf dem Röntgenbild.

Ein kräftig entwickeltes Tuberkulum kann das Cavum pulpae auf dem Röntgenbild nur schwach in Erscheinung treten lassen oder die Abbildung des Kavums teilweise oder völlig verhindern. Im ersten und zweiten Falle kann man sich am Röntgenbild mit dem bloßen Auge noch orientieren, eine exakte Messung wird sehr schwierig, wenn nicht unmöglich sein. Im letztgenannten Falle ist die Heranziehung des Röntgenbildes zur Präparation von Kronenarbeiten unmöglich.

Schwieriger wird nun die Orientierung am Röntgenbild, wenn die zwischen den Rand- und Mittelleisten sich befindenden Foveae besonders tief sind, am Tuberkulum eine tiefe Fissur oder ein Foramen coecum auftritt, ferner sich im Cavum pulpae Dentikelbildungen befinden. Wenn auch die Hartsubstanzen hierbei nicht so stark entwickelt sind, und die Pulpa mit starkem Kontrast auf dem Röntgenbild erscheint, so treten doch noch eine Reihe von Schatten auf, die das Erkennen der Pulpa wesentlich erschweren. Nur bei genauester Beachtung der Gestalt der Krone wird es hier möglich sein, das Cavum pulpae mit Sicherheit aus den verschiedenen Schatten zu erkennen. Ich möchte auch an dieser Stelle noch einmal auf die Notwendigkeit der parallelen Filmlage zur Zahnachse hinweisen, denn bei verprojizierten Aufnahmen wird es bedeutend schwieriger, sich am Röntgenbild zurecht zu finden. Die Schatten, die durch die Foveae hervorgerufen werden, täuschen sehr oft Divertikel vor. Ein Foramen coecum kann

Abb. 6.

bei sonst unklaren Verhältnissen ein Cavum pulpae vortäuschen. Die Fälle, bei denen unter solchen Umständen eine Orientierung am Röntgenbild unmöglich ist, sind aber selten. Unter 20 mittleren Schneidezähnen ist nur einer gewesen, dessen Röntgenbild zur Messung unbrauchbar, und einer, bei dem die Orientierung auf dem Röntgenbild erschwert ist. Da es unmöglich ist, die Feinheiten in der Schattierung auf einer Kopie wiederzugeben, habe ich versucht, durch Zeichnung die beiden Zahnaufnahmen darzustellen, um das Wesentliche besser hervorheben zu können.

Auf dem in Abb. 6 wiedergegebenen Röntgenbild ist deutlich zu erkennen, daß der Inzisivus sehr gut entwickelte Randleisten besitzt und ein kräftiges Tuberculum dentale. In der Nähe des Zahnhalses scheint das Cavum pulpae bereits zu enden, und es sind nur noch zwei Divertikel in der Krone

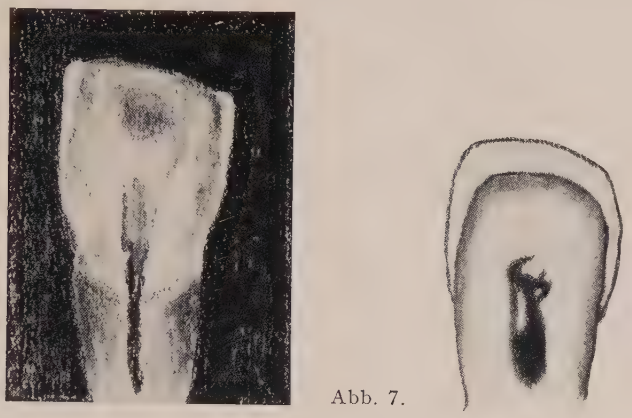


Abb. 7.

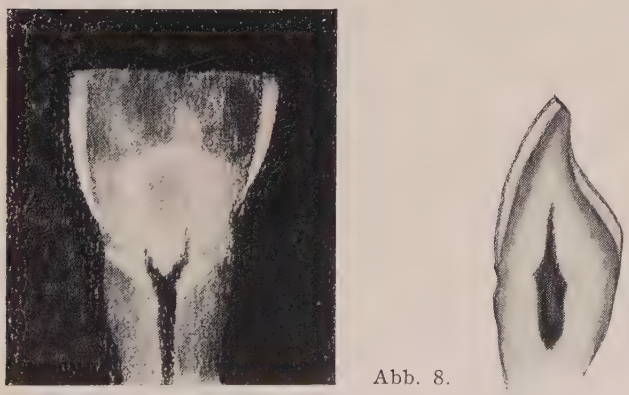


Abb. 8.

erkenntlich. Wenn man sich das Röntgenbild sehr genau ansieht, findet man, daß beide Divertikel durch eine feine Bogenlinie verbunden sind, die das wahre Ende des Pulpenkavums darstellt, was auch aus dem Vergleich mit dem Schliff hervorgeht. Diese scheinbare Divertikelbildung entsteht durch Absorption eines großen Teiles der Röntgenstrahlen durch das Tuberkulum und ungleichmäßige Sekundär-Dentinbildung an der palatinalen Pulpenwand, die das Kavum in der Mitte stark einengt.

Abb. 7 zeigt fast die gleichen Verhältnisse wie oben, nur werden die vermeintlichen Divertikel hier durch zahlreiche Dentikel, die sich im Cavum pulpae befinden, hervorgerufen.

Auf Abb. 8 sieht man das Cavum pulpae kaum über die Schmelzdentingrenze hinausragen, die Kronenpulpa mit den Divertikeln tritt überhaupt nicht in Erscheinung, da durch die starke Entwicklung des Tuberkulums die Röntgenstrahlen völlig absorbiert werden. Wenn auch der Zahn an der Schneidekante fast bis auf das Dentin abgekaut ist, so ist kaum anzunehmen, daß das Pulpenkavum der Krone durch Reizdentinbildung völlig obliteriert ist, was durch den nebenstehenden Schliff bestätigt wird.

Seitliche obere Schneidezähne.

Ihre Formen sind sehr mannigfaltige, da sie zu den rudimentären Zahngebilden gehören. Die Schaufelform ist hier noch ausgeprägter als beim mittleren Schneidezahn, wenn auch sonst der ganze Bau schwächer ist. Auf der labialen Fläche finden wir ganz selten noch eine Furchung, die palatinale Fläche ist tief ausgehöhlt und wird von kräftigen Randleisten, die sich meist in einem sehr gut entwickelten Tuberkulum vereinigen, eingefaßt. Fissuren und Foramina coeca treten noch bedeutend häufiger auf als bei den mittleren Schneidezähnen. Der Bau des Cavum pulpae und dessen Topographie ähneln dem des mittleren Inzisivus. In der labio-lingualen Schliffebene besitzt die Pulpa die gleiche Spindelform, doch verläuft ihre Achse durch die Schneidekante der Krone, da diese nicht so stark nach palatinal geneigt ist. In einer geringen Anzahl von Fällen tritt ein dem Tuberkulum entsprechendes Divertikel auf. In mesio-distaler Ausdehnung hat das Cavum pulpae im allgemeinen die gleiche Form, wie das des mittleren Schneidezahnes, es sind aber meist nur zwei Divertikel vorhanden. Der größte Durchmesser der Pulpa in dieser Ebene wird zwischen den beiden Divertikeln gemessen.

Aus den anatomischen Betrachtungen ergeben sich wieder die gleichen Möglichkeiten, Fehler bei der Diagnose zu machen. Besonders durch die gut entwickelten Randleisten und tiefen Foveae zwischen diesen werden auf dem Röntgennegativ starke Schatten hervorgerufen, ferner ergibt die in labio-lingualer Richtung dem Tuberkulum entsprechende gelegentliche Divertikelbildung Kontraste, die Anlässe zur Täuschung geben können.

Abb. 9 zeigt einen seitlichen Schneidezahn mit stark ausgeprägten Randleisten, einem kräftig entwickelten Tuberku-

lum mit Foramen coecum. Die Aufhellung, die auf dem Negativ durch die Randleisten und das Tuberkulum erzeugt wird, läßt nur schwach die inzisalen Partien erkennen, in die ein Schatten, der durch das Foramen coecum erzeugt wird, hinein-

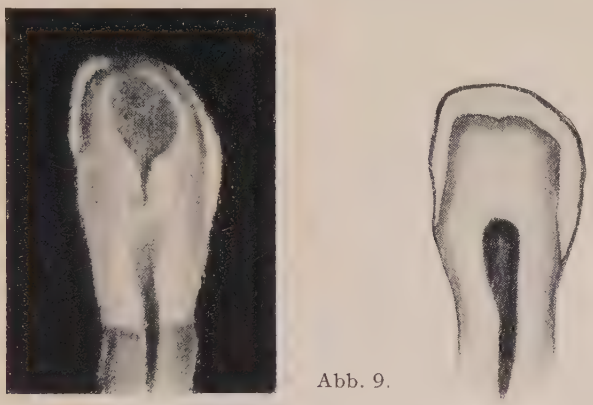


Abb. 9.

ragt. Etwas weiter zum Zahnhals hin treten im Kavum intensive Schatten auf, die Divertikeln ähnlich sind, deren Ursache die geringste Absorption von Röntgenstrahlen am Rande des Tuberkulums ist. Schließlich wird der Schatten am Boden des Cavum pulpae noch intensiver durch die stärkere Ausdehnung der Pulpa in labio-lingualer Richtung.

Abb. 10 zeigt einen ähnlichen Fall. Hier scheint es zunächst, als ob die Pulpa in zwei Divertikeln endige, nach inzisal die

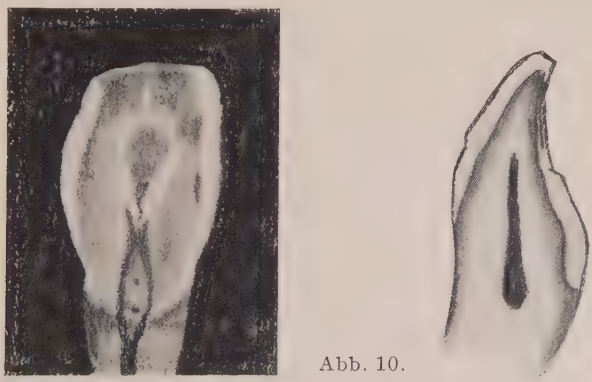


Abb. 10.

Aufhellung der Randleisten liege. In der Mitte befindet sich auch ein intensiver Schatten von einem Foramen coecum

herrührend, der nach inzisal breiter wird und die zwischen den Randleisten bestehende Grube darstellt. Dann wird der Schatten schwächer und stellt das Ende des Cavum pulpae sowie die oberflächlichen Partien der Grube dar. In solchen Fällen wird es unmöglich sein, das Röntgenbild zu diagnostischen Zwecken zu verwerten.

Die unteren Schneidezähne:

Bei ihnen läßt sich eine zusammenfassende Betrachtung ermöglichen, da sie sich in ihrem Aufbau nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Ihre Kronen weisen im Gegensatz zu den oberen Schneidezähnen Keilform auf. Daher treten die Wölbung der labialen Fläche, die Höhlung der lingualen, die Randleisten und Tuberbildung nur noch in ganz geringem Maße in Erscheinung. Die Pulpahöhle ist in labio-lingualer Ausdehnung linsenförmig, ihr größter Durchmesser liegt in der Wurzel, wo sie auch häufig von Scheidewänden durchzogen ist. In der mesio-distalen Ebene besitzt sie ihre größte Ausdehnung in der Krone, die sich nach dem Apex hin gleichmäßig verjüngt. In der Krone endigt sie selten in drei Divertikeln, meist sind die seitlichen nur angedeutet. Die Diagnose des Röntgenbildes bietet keine großen Schwierigkeiten, abgesehen von wenigen Fällen, in denen die Ausdehnung der Pulpa in der Krone in labio-lingualer Richtung durch Reizdentinbildung sehr klein ist und dadurch auf dem Röntgenbild nur durch einen schwachen Schatten sichtbar wird.

Eckzähne:

Der obere Eckzahn hat breite Labial- und Lingualflächen. Von seinem Höcker zieht sich eine oft sehr kräftig entwickelte Leiste zum Zahnhals. Die Lingualfläche ist stark gewölbt und wird mesial und distal von zwei starken Randleisten eingefaßt, die an ihrer Vereinigungsstelle das Tuberkulum bilden, welches sich häufig durch eine Fissur getrennt als selbständiger Höcker vorfindet. Auf der lingualen Seite befindet sich ebenfalls eine Leiste, die vom Höcker der Schneidekante zum Tuberkulum verläuft.

Beim unteren Eckzahn, dessen Form etwas schlanker ist, sind die Leistenbildungen und das Tuberkulum nur schwach ausgeprägt. In der labio-lingualen Ausdehnung ist der Unterschied in der topographischen Lage der Pulpa zwischen oberen und unteren Eckzähnen am geringsten. Die Pulpahöhle nimmt beim oberen Caninus einen breiten Raum ein und läuft in der Krone spitz aus. Die Lage der Pulpaspitze zur Schneidekante gleicht der der oberen mittleren Schneide-

zähne. Da beim unteren Eckzahn die konkave, linguale Fläche nicht so stark ausgehöhlt und auch das Tuberkulum schwächer entwickelt ist, wird die Pulpa gleichmäßiger von den Schmelzdentinmassen umgeben, so daß nur geringe Schwankungen in der Stärke ihrer Wandung auftreten. Hier geht die Verlängerung der Achse der Pulpa über ihre Spitze hinaus durch die Schneidekante. In der mesio-distalen Ebene ist die Pulpa spaltförmig. Ihre Verlängerung läuft genau durch die Spitze der Kaukante. Die Distanzen von der Pulpa nach distal sind größer als die in mesialer Richtung. Ihre größte Stärke erreicht die Zahnwand zwischen Pulpa und Höckerspitze. Aus dem anatomischen Aufbau der Eckzähne ergeben sich die gleichen Fehlerquellen und Schwierigkeiten bei der Röntgendiagnose wie bei den oberen Schneidezähnen.

Abb. 11 zeigt einen besonders instruktiven Fall. Der geröntgte Eckzahn besaß ein kräftiges, scharf ausgeprägtes

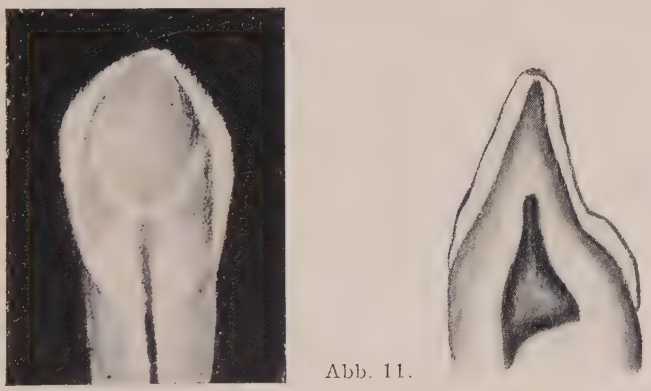


Abb. 11.

Tuberculum dentale und ebensolche Mittel- und Randleisten. Auf dem Röntgenbild erscheint das Ende des Pulpenkavums unter der scharf gezeichneten Aufhellung. Darüber befindet sich noch eine unscharf begrenzte Verschattung, die man sich durch eine tiefe Fissur entstanden denken könnte. Der Schliff zeigt jedoch, daß die über der Aufhellung liegende Verschattung tatsächlich noch die Kronenpulpa darstellt und die Unschärfe durch die starke Mittelleiste hervorgerufen wird.

Obere Prämolaren:

Sie gleichen von bukkal gesehen dem Eckzahn beinahe völlig. Von lingual aus betrachtet ergibt sich, daß das Tuberkulum der Frontzähne zum selbständigen Höcker entwickelt

ist. Beim ersten oberen Prämolaren ist dieser Höcker noch verhältnismäßig klein, oft stellt er nur ein besonders gut entwickeltes Tuberculum dentale dar. Der palatinale Höcker des zweiten oberen Prämolaren erreicht fast die Kauebene. Diese Höcker sind beim ersten Prämolaren von der bukko-palatinalen Ebene um ein geringes nach distal und beim zweiten Prämolaren nach mesial verschoben. Wie bei den Frontzähnen ziehen sich mesial und distal vom Rande der Kaufläche des bukkalen Höckers Leisten zum palatinalen Höcker, die die gesamte Kaufläche einfassen. Von der Spitze des bukkalen Höckers läuft außerdem eine kräftige Mittelleiste zum palatinalen Höcker hinüber, der die gesamte Kaufläche in eine kleinere mesiale und eine größere distale Fläche teilt. Beide Höcker werden durch eine Fissur getrennt, die sich nach mesial und distal vor den Randleisten gabelt. Die Wurzel des ersten Prämolaren ist meist geteilt, wenn er nicht überhaupt zweiwurzelig auftritt; die des zweiten ist massiver und besitzt in apikaler Richtung mesial und distal Längsrinnen, von denen die distale stärker ausgeprägt ist. Die Form der Pulpa stimmt mit der der Krone nicht überein, da die Stärke des Schmelzüberzuges erheblich von der des Dentins abweicht. In der Wurzel beginnt die Pulpa entsprechend der Zweiteilung derselben in zwei Kanälen, die nach ihrer Vereinigung einen Hohlraum größeren Ausmaßes, das Cavum pulpae, bilden, welches in der Wurzel von Scheidewänden durchzogen sein kann. Von diesem Cavum aus laufen zwei Divertikel in die beiden Höcker, deren bukkal gelegenes, entsprechend der größeren Dimension dieses Höckers stärker ausgebildet ist, als das linguale. Das bukkale Divertikel liegt näher an der Zahnoberfläche als das linguale, da die Schmelzschicht des lingualen Höckers erheblich stärker ist. Die Ausdehnung der Hartsubstanzen zwischen Pulpa und Kaufläche ist viel geringer als die zwischen den Höckerspitzen und den Divertikeln. Die Pulpa erreicht in bukko-lingualer Richtung ihren größten Durchmesser nahe der Schmelzdentingrenze. Bedingt durch die verschieden starke Entwicklung der Höcker, die mehr oder weniger ausgeprägte Zweiteilung der Wurzeln des ersten Prämolaren, sowie durch die wechselnde Furchung der Wurzeln des zweiten Prämolaren, ergeben sich abweichend von der oben geschilderten Normalform sehr variable Bilder.

In der mesio-distalen Ebene verläuft die Pulpa in einem schmalen Kanal vom Apex bis zum Zahnhals und erweitert sich innerhalb der Krone in geringem Maße.

Untere Prämolaren:

Von bukkal gesehen sind sie den oberen sehr ähnlich. Der Unterschied wird erst deutlich bei der Ansicht von mesial, einmal durch die starke Kippung des bukkalen Höckers nach lingual, ferner durch die Gestaltung des lingualen Höckers, der beim ersten unteren Prämolaren kaum mehr als ein gut entwickeltes Tuberkulum anzusehen ist, beim zweiten aber kräftig entwickelt ist und die Kauebene erreicht. Die Gestalt des lingualen Höckers der unteren zweiten Prämolaren weicht von der der übrigen erheblich ab. Er ist häufig von Fissuren durchfurcht, so daß man oft zwei oder mehr Höcker vor sich zu haben glaubt. Die Fissur, die die Kaufläche in eine bukkale

Abb. 12.

Abb. 13.

und eine linguale Hälfte teilt, verläuft beim zweiten unteren Backenzahn nicht geradlinig wie bei den anderen. Am Schliff in der bukko-lingualen Ebene finden wir die Pulpa vom Apex an in einen engen Kanal eingebettet, der sich etwa im letzten Drittel der Wurzel stark erweitert und das Cavum pulpae bildet, welches am Zahnhals seine größte Ausdehnung erreicht. In der Krone ist das bukkale Divertikel am besten entwickelt, während das linguale je nach der Größe des Höckers ausgebildet ist, aber stets hinter jenem zurücksteht; oft ist es nur angedeutet. Zwei Wurzelkanäle sind auch bei den unteren Prämolaren keine Seltenheit. In der mesiodistalen Ebene zeigt die Pulpa das gleiche Bild wie die der oberen Prämolaren. Durch den starken Schmelzüberzug, der in der Höhe der Pulpadivertikel in bukko-lingualer Richtung fast seine größte Ausdehnung erreicht, ist es in einer großen Zahl von Fällen sehr schwer, die beiden Ausläufer der Pulpa auf dem Röntgenbilde zu erkennen. Der linguale Höcker der

ersten Prämolaren im Ober- und Unterkiefer kann mit seinen starken Schmelzmassen das bukkale Pulpadivertikel völlig verdecken, wenn er nicht viel höher ist als dieses, weil dadurch die Röntgenstrahlen fast restlos absorbiert werden. Durch die nach distal oder mesial von der Orthoradialebene abweichende Stellung tritt auch eine entsprechende Verschiebung seines Divertikels und des lingual gelegenen Teiles der Pulpa ein. An klaren Aufnahmen kann man dadurch die einzelnen Divertikel sehr gut unterscheiden und genaue Messungen vornehmen (siehe Abb. 12). Dagegen können Negative, auf denen aus irgendwelchen Gründen (z. B. durch starke Schmelzmassen) die Verhältnisse der Pulpa nicht so klar heraustreten, zu Messungen nicht verwendet werden, da hier durch die oben beschriebene Verschiebung des lingualen Teiles der Pulpa von der Orthoradialebene, diese in mesiodistaler Ausdehnung größer dargestellt wird, als es den natürlichen Verhältnissen entspricht (s. Abb. 13).

Bei der Beschreibung der Anatomie der einzelnen Zähne wurde auf die Beziehungen zwischen der Form der Zähne und ihren Röntgenbildern hingewiesen. Im folgenden sollen die Ergebnisse der Messungen und die dabei aufgefallenen weiteren **Abweichungen vom Normalen** Erwähnung finden, die bei der anatomischen Besprechung nicht berührt wurden.

Von den oberen mittleren Schneidezähnen konnten 19 Röntgenaufnahmen und Schliffe am Phantom und nur 3 am Patienten hergestellt werden, da mir nicht mehr geeignete Fälle zur Verfügung gestanden haben. Drei dieser Röntgenaufnahmen sind unbrauchbar, um Messungen daran vorzunehmen, da in zwei Fällen die starke Entwicklung des Tuberculum dentale das Erkennen der Pulpa innerhalb der Kronen verhindert; die dritte Röntgenaufnahme ist vertikal verprojiziert. Die auf dem Röntgenfilm gemessenen Größen erreichen nur in wenigen Fällen die nach dem Schliff errechneten Werte für den Fokus-Filmabstand von 45 cm und dem Objekt-Filmabstand von 1 cm, sondern kommen meist den Größen am Schliff gleich. Vier von 89 an den oberen mittleren Schneidezähnen gemessenen Strecken entsprechen der Größe der errechneten Werte. Der Unterschied in der Größe der am Röntgenbild gemessenen Werte und denen des Schliffes und der durch Rechnung gefundenen, wird am besten klar, wenn man die Durchschnittsgrößen der Abweichungen der durch Ablesen mit Hilfe des Okularmikrometers gefundenen Werte des Röntgenbildes zum Schliff und zur errechneten Größe vergleicht. Erstere beträgt +0,002 mm, letztere — 0,055 mm, d. h. der Durchschnitt aller Differenzen zwischen Röntgenbild

und Schliff ergibt eine Vergrößerung von nur 0,002 mm, dagegen besteht eine erhebliche Verkleinerung von 0,055 mm gegenüber den errechneten Längenmaßen. Sieht man sich die einzelnen Differenzen näher an, es genügt die Betrachtung der Differenzen zwischen Schliff und Röntgenfilm, so findet man, daß diese um 0,025 bis 0,05 mm nach der positiven oder negativen Seite schwankt. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß diese als geringe Fehler zu betrachten sind, entstanden beim Messen durch die Unzulänglichkeit der Meßmethoden, durch die Seltenheit ganz scharfer Kontraste und die Struktur der photographischen Schicht des Röntgenfilms, die sich aus kleinen Silberkörnern zusammensetzt, wodurch man bei stärkerer Vergrößerung keine geraden Linien erhält.

Von den oberen seitlichen Schneidezähnen hat mir hier kein Material am Patienten zur Verfügung gestanden, am Phantom wurden 17 Röntgenaufnahmen mit Schliffen hergestellt. Zwei der Messungen sind unbrauchbar, da in einem Falle am Schliff über die größte Ausdehnung des Zahnes abgeschliffen worden ist; das andere Mal ist das Röntgenbild verprojiziert worden. Von 76 ausgemessenen Strecken kommen 12 Werte den errechneten Längen fast gleich. Die einzelnen Differenzen schwanken um die gleichen Größen wie die der mittleren Schneidezähne, doch findet man hier mehr positive Werte, was auch aus dem Durchschnittswert der Differenzen zwischen Schliff und Röntgenbild hervorgeht. Der Durchschnittswert der Abweichungen zwischen Röntgenbild und Schliff beträgt + 0,008 mm, der für die des Röntgenbildes und der errechneten Maße — 0,049 mm.

Es wurden 8 untere Schneidezähne am Phantom und 9 am Patienten geröntgt. Von diesen Aufnahmen sind 2 unbrauchbar, da auf der einen die Pulpa nicht scharf erscheint und die andere vertikal verprojiziert ist. 7 von 35 gemessenen Strecken kommen den errechneten Werten annähernd gleich. Der Durchschnitt der Differenzen zwischen Schliff und Röntgenbild beträgt + 0,018 mm und der zwischen Röntgenbild und errechneter Länge — 0,001 mm. Im allgemeinen entsprechen die Differenzen denjenigen der oberen Schneidezähne. In einem Fall, der weiter unten noch Erwähnung finden soll, fällt auf, daß das Sekundärdentin, welches die Kronenpulpa völlig ausfüllt, auf dem Röntgenbild nicht abgebildet ist.

Es wurden 20 Eckzähne am Phantom und 10 am Patienten geröntgt. Davon sind 10 Aufnahmen zu Messungen unbrauchbar, da auf ihnen wegen der starken Schmelzentwicklung besonders der des Tuberculum dentale, die Pulpa in der Krone nicht mit Sicherheit zu erkennen ist. Hier spielt vor allem

der Unterschied in der Stärke des Zahnes nahe der Schneidekante und am Tuberkulum eine wichtige Rolle. Man kann nicht, um die Kronenpulpa klarer zu erhalten, einfach die Belichtungszeit verlängern, da sonst eine Ueberbelichtung an der Schneidekante stattfindet und man hier wieder unklare Verhältnisse erhalten würde. Diese Erscheinung tritt auch häufig an oberen Schneidezähnen mit starkem Tuberkulum und dünner Schneidekante auf. Von 56 an den Eckzahnröntgenaufnahmen gemessenen Strecken sind 13 den errechneten Längen fast gleich. Die Differenzen zwischen den Längenmaßen am Schliff und am Röntgenbilde verhalten sich ebenfalls in den gleichen Größen wie bei den vorher erwähnten Zähnen. Ihr Durchschnitt beträgt + 0,025 mm zwischen Röntgenbild und Schliff, — 0,032 mm zwischen Röntgenbild und errechneter Länge.

Von den Prämolaren wurden 19 Röntgenaufnahmen am Phantom und 4 am Patienten gemacht. Davon sind 4 zur Messung unbrauchbar auf Grund völliger Unschärfe und fehlendem Kontrast des Cavum pulpae und seiner Divertikel. In einem Falle ist das Röntgenbild auch verprojiziert. Unter den brauchbaren 19 Röntgenaufnahmen sind zwei Gruppen zu unterscheiden. Zur ersten gehören 14 Röntgenbilder, auf denen die Divertikel besonders klar dargestellt und auch der bukkale und linguale Teil des Cavum pulpae gut voneinander zu trennen ist, so daß einwandfreie Messungen vorgenommen werden können. Zur zweiten Gruppe gehören 5 Negative, auf denen die Divertikel nicht mehr oder nicht einwandfrei voneinander zu unterscheiden sind. Die bei der ersten Gruppe vorgenommenen Messungen ergeben, daß die Differenzen zwischen Schliff und Röntgenbild die gleichen Größen haben wie bei den übrigen Zähnen. Ihr Durchschnitt beträgt + 0,017 mm. Der Durchschnitt der Differenzen zwischen Röntgenbild und der errechneten Größe — 0,062 mm. Fünf Strecken erreichen am Röntgenbild die nach dem Schliff errechneten Werte.

Die zweite Gruppe läßt keine Messungen mehr zu, da durch die mesiale oder distale Verschiebung des lingualen Höckers, wie bereits beschrieben, das Cavum pulpae breiter erscheint. Die Aufnahmen dieser Gruppe kann man wohl noch zu einer Orientierung verwenden, falls nicht eine bessere Aufnahme möglich ist.

Von den Molaren wurden nur einige Versuchsaufnahmen gemacht; sie ergeben, daß durch die starken Hartsubstanzwände die Röntgenstrahlen völlig absorbiert werden, so daß die Divertikel nie auf dem Röntgenbild erscheinen. Ferner

läßt der Bau des Cavum pulpae auch nur eine Orientierung und keine Messung am Röntgenbild zu.

Sieht man sich die Durchschnittswerte der Differenzen zwischen Schliff und Film bei den einzelnen Zahngruppen näher an, so findet man, daß die der oberen Schneidezähne erheblich von denen der übrigen abweichen. Es besteht auch in der Form der oberen Schneidezähne gegenüber der der anderen Zahngruppen ein Unterschied. Sie sind in ihren Rand-

Abb. 14,

Abb. 15.

partien schwächer und werden dadurch auch mehr der Ueberstrahlung ausgesetzt. Wir haben gesehen, daß die nach dem Schliff errechneten Werte nur in einer geringen Zahl von Fällen durch die am Röntgenbild gemessenen Strecken erreicht werden, meist differieren die gemessenen Längen nur um 0,025 mm gegenüber denen des Schliffes. Aus dem Durchschnitt der Differenzen ersehen wir, wie klein und praktisch unwichtig die Vergrößerung des Röntgenbildes bei dem gewählten Fokusfilmabstand ist, und daß die Differenzen zwischen Röntgenbild und den errechneten Längen weit größer sind. Eine Ausnahme bilden die unteren Schneidezähne, doch ist diese Abweichung unbedeutend, da bei der geringen Länge der zu messenden Strecken die Differenzen praktisch nicht ins Gewicht fallen. Die Tatsache, daß die Röntgenbilder nicht die errechnete Größe wiedergeben, sondern wesentlich darunter bleiben, erlaubt den Schluß, daß der auf dem Bild nicht erscheinende Teil der Ueberstrahlung in den Randzonen des Objektes zum Opfer fällt.

Nun soll der bei den Messungen der unteren Schneidezähne bereits erwähnte Fall erläutert werden.

Die Abb. 14 und 15 zeigen uns zwei Röntgenaufnahmen mit annähernd gleichen Verhältnissen. Die Schliffe veranschaulichen uns jedoch, daß wir es hier mit sehr verschiedenen Verhältnissen zu tun haben. Im ersten Falle ist die Pulpa durch Sekundärdentinbildung völlig obliteriert, im zweiten ist ihr Lumen durch den gleichen Vorgang stark eingeengt, so daß sie nur schwach auf dem Röntgenbild erscheint. Daß auf dem Röntgenbild der Abb. 15 das Cavum pulpae auch noch schwach zu sehen ist, wird bedingt durch ein an Mineralien besonders armes Reizdentin mit einem niedrigen spezifischen Gewicht, welches den Röntgenstrahlen nur ein geringes Hindernis bietet. Für die Messungen ist dieser seltene Fall jedoch unbedeutend, da er bei der Präparation der Kronenarbeiten nur von Vorteil sein kann. Wir werden daher für solche Röntgenbilder stets den Fall annehmen, daß wir es mit einer durch Sekundärdentinanlagerung stark eingeengten Pulpahöhle zu tun haben, damit wir vor Mißerfolgen bewahrt bleiben.

Zusammenfassung:

Es wurden vergleichende Messungen am Röntgenbild und dem dazugehörenden Zahnschliff beschrieben, um zu untersuchen, ob man am Röntgenbild genaue Messungen ausführen kann, damit wir uns bei der Präparation von Kronenarbeiten an vitalen Stümpfen danach richten können.

Es wurde festgestellt, daß für derartige Aufnahmen die Verwendung von weichen Strahlen mit einer Spannung von 36000 V am geeignetsten ist, ferner ein Fokus-Filmabstand von mindestens 45 cm Entfernung erforderlich ist, um scharfe und nicht sehr stark vergrößerte Röntgenbilder zu erhalten. Weiter ist die limbale Einstellung des Zentralstrahles zu wählen und möglichst parallele Filmlage zur Zahnachse, um verprojizierte Röntgenbilder der Zahnkrone zu vermeiden. Die Messungen haben ergeben, daß die gefundenen Maße des Röntgenbildes gegenüber denen durch den Verlauf der Röntgenstrahlen bedingten wesentlich zurückstehen, ein Vorgang, der auf Ueberstrahlungserscheinungen zurückzuführen ist.

Für die oberen Schneidezähne wurde eine Vergrößerung von 0,007 bis 0,008 mm am Röntgenbild festgestellt. Für die unteren Schneidezähne, die Eckzähne und Prämolaren eine Vergrößerung von 0,0025 mm im Durchschnitt. Diese Vergrößerung ist praktisch gleich Null, sie kann durch geringe Fehler, die beim Messen entstehen, aufgehoben oder größer werden, ein Umstand, der in der Praxis bei der geringen Größe der Abweichungen völlig bedeutungslos ist.

Unter Zugrundelegung von einwandfreien Röntgenaufnahmen wird es dem Praktiker möglich sein, durch Messungen am Röntgenbild sowie unter Berücksichtigung der Anatomie des Zahnes und der Topographie des Cavum pulpae sich ein sehr genaues Bild über die Verhältnisse am Zahn zu machen und dieses bei der Wahl und Präparation seines Kronenersatzes mit heranziehen können, um vor Mißerfolgen bewahrt zu bleiben.

Am Schluß meiner Arbeit danke ich Herrn Professor Dr. Greve ergebenst für die Ueberlassung des Themas.

Schriftennachweis.

Brummer: Ueber den Einfluß der Fixierungsmethode von Zahnfilmen innerhalb der Mundhöhle auf die Schärfe des Röntgenbildes. Dissertation 1937.

Cieszynski: Zahnärztliche Röntgenologie 1926.

Frey: Untersuchungen über den Anwendungsbereich der Halbkronen. Dissertation 1939.

Hattyasy: Vergleichende Messungen über die Weite von Wurzelkanälen am Röntgenbild und am Wurzelquerschnitt. Zeitschr. f. Stom. 1933. Heft 12.

Loos: Topographie der Pulpahöhle. Oesterr.-ung. Viertelj.-Schr. 1908.

Parma: Zahnärztliche Röntgendiagnostik.

— Röntgenographische Darstellung der Zähne bei prothetischen Arbeiten. Zeitschr. f. Stom. 1935, H. 10.

— Fortschritte in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik. Zeitschr. f, Stom. 1934, H. 24.

— Röntgenographie der Zähne und der Kiefer.

Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde.

v. Reckow: Ein bedenklicher Nachteil der neuzeitlichen Röntgenapparate für Zahnfilmaufnahmen. DZW. 1933, H. 44.

— Ueber die Bedeutung des Brennfleckabstandes bei intraoralem Röntgenaufnahmeverfahren. D.Z.W. 1934, H. 27.

Sicher-Tandler: Anatomie für Zahnärzte.

Lebenslauf.

Am 23. 7. 1911 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Wilhelm Frenzel und seiner Ehefrau Elisabeth geb. Trautner in Rudolstadt geboren, wo meine Eltern heute noch leben.

Vom 1. April 1918 bis zum 1. 4. 1921 besuchte ich die Grundschule in meinem Heimatort und trat am 1. 4. 1921 in die Oberrealschule zu Rudolstadt ein. Am 3. März 1930 legte ich dort die Reifeprüfung ab. Bis 1934 fuhr ich auf Schiffen der deutschen Handelsmarine zur See und begann am 1. 4. 1935 in Göttingen mit dem Studium der Zahnheilkunde. Nach dem zweiten Semester konnte ich im Februar 1936 am Gymnasium zu Göttingen das kleine Latinum ablegen und im Oktober 1936 bestand ich nach dem dritten Studiensemester die zahnärztliche Vorprüfung mit „gut". Nach dem vierten Semester verlegte ich mein Studium an die Universität Breslau und legte hier nach dem siebenten Semester das Staatsexamen mit „gut" ab. Am 10. Dezember 1938 erhielt ich die zahnärztliche Approbation.

Nach kurzer Assistententätigkeit bei einem praktischen Zahnarzt bin ich seit dem 1. März 1939 am Zahnärztlichen Institut der Universität Breslau als Assistent tätig gewesen und stehe seit dem 10. August 1939 im Wehrdienst.

Gustav Frenzel.